

# 响应面结合模糊综合评定 在茶苏打饼干研制中的应用

李新旺,李振兴,李远恒,张 晶,陆 宁\*

(安徽农业大学茶与食品科技学院,安徽合肥 230036)

**摘要:**目的:研究茶苏打饼干加工过程中主要原料的配比及面团发酵时间对产品品质的影响。方法:通过模糊综合评定确定各单因素的用量范围,在此基础上,选取超微绿茶粉、总油脂、盐、第一次发酵时间为自变量,感官评分为响应值,利用 Box-Behnken 中心组合设计和响应面分析,研究各自变量及其交互作用对响应值的影响,并建立二次回归方程模型。结果:最佳条件为超微绿茶粉量 2% (面粉 100% 计),总油脂量 15%,盐 1.8%,第一次发酵时间为 165min。结论:在此条件下制成的成品内部结构层次分明,酥松爽口,具有特有的发酵及茶香味,产品评分值为 81。  
**关键词:**超微绿茶粉,苏打饼干,响应面分析,模糊综合评定

## Application of response surface combined with fuzzy comprehensive assessment in the development of the tea soda crackers

LI Xin-wang, LI Zhen-xing, LI Yuan-heng, ZHANG Jing, LU Ning\*

(College of Tea and Food Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

**Abstract:** Objective: The impacts of main raw material ratio and dough fermentation time for the product quality during tea soda crackers process were studied in the paper. Methods: The amount of each single factor was determined by fuzzy comprehensive evaluation, on this basis, four extraction parameters including superfine green tea powder, total fat, salt, the first fermentation time were optimized using central composite design and response surface methodology for achieving maximum the sensory evaluation value. The interaction of the respective variables and their influence on the response values were studied by using Box-Behnken central composite design and response surface analysis theory, and the simulated quadratic polynomial regression equation of prediction model was set up. Results: The optimum conditions were superfine green tea powder 2% (100% flour), the total amount of grease 15%, salt 1.8%, the first fermentation time was 165min. Conclusion: Under this condition finished product interior structural levels made clear, crisp and refreshing, with a unique fermentation and tea fragrance, and the score was 81.

**Key words:** superfine green tea powder; soda cracker; response surface analysis; fuzzy comprehensive assessment

中图分类号: TS213.2

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2015)07-0246-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.07.044

茶叶中含有多种功能性成分,包括 300 多种对人体有益的化学物质。其中除了蛋白质、氨基酸、脂肪、维生素和矿物质等营养素外,还有多种药理和保健功能的成分如茶多酚、茶多糖、茶氨酸等<sup>[1-3]</sup>。超微粉碎使茶叶细胞的破损率超过 95%,最大程度地保留茶叶的色泽、营养及药理成分,极大地提升了茶叶的利用率。苏打饼干是一种发酵饼干,它利用酵母的发酵作用和油脂的起酥效果,使成品质地酥松,其断面具有清晰的层次结构。人体的内环境属于弱碱性,绝大多数人的日常饮食都是以酸性食物为主,

如肉类、蛋类、奶类、酒类、碳酸饮料类等等,这些食物消化后在体内留下硫、氮、磷、氯等酸性物质,在体内形成酸根,这是导致酸性体质形成的最重要原因<sup>[4]</sup>。苏打饼干中含有的苏打进入人体后可形成苏打水,苏打水具有弱碱性,有利于人体的酸碱平衡,并且有助于缓解消化不良和便秘症状,还具有抗氧化作用,能预防皮肤老化、增进食欲、美容养颜<sup>[5-6]</sup>。目前,关于茶焙烤食品的研究主要集中在茶面包、茶蛋糕、茶桃酥及馅料等方面。陆宁<sup>[7]</sup>等研究了绿茶粉添加量、烘烤时间和烘烤温度对蛋糕品质的影响;胡峰<sup>[8]</sup>等研

收稿日期:2014-07-14

作者简介:李新旺(1988-),男,硕士研究生,研究方向:农产品加工及储藏工程。

\*通讯作者:陆宁(1964-),女,博士,教授,研究方向:食品及农产品加工。

究了茶桃酥的生产工艺及储藏效果;董海洲<sup>[9]</sup>等采用正交实验研究了绿茶、熟面粉、奶油对馅料品质的影响;陈美传<sup>[10]</sup>研究了茶汁对面包烘焙体积的影响。尚未见关于茶粉对苏打饼干品质影响的报道。

当前在苏打饼干研制中的感官评价方法,很难以简单的优劣划清界限,很多情况下处于一种优劣之间的中间过渡状态,感官评分离散程度较大,难以获得较一致的结果。因此,本实验针对茶苏打饼干感官质量指标描述的模糊性,通过模糊数学的方法,处理评定人员的感官检验数据,减少人为评定因素的影响,将模糊信息数值化以进行定量评价。用茶苏打饼干的模糊评定结果作为响应面分析的响应值,研究了响应面和模糊综合评定在茶苏打饼干研制中的应用<sup>[11]</sup>,为焙烤类食品的研制提供评价指导方法。

## 1 材料及方法

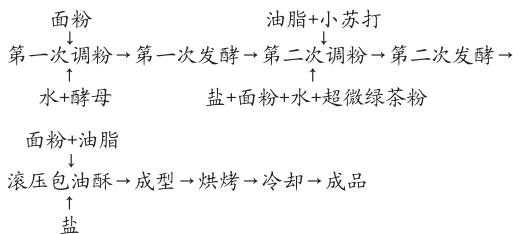
### 1.1 材料与仪器

面粉 安徽丰大股份有限公司;小苏打 佛山市福三和食品有限公司;超微绿茶粉 实验室自制;酥油 芜湖双汇食品有限公司;糖、酵母、植物黄油、盐 市售。

YXD-20K 型远红外食品烤箱 广州鑫南方电热设备有限公司;FA1004 型电子天平 上海精科天平仪器厂;JA21002 电子秤 上海良平仪器仪表厂;HLS20 和面机 广东南海大沥德丰电热设备厂;FX-14 发酵箱 广州鑫南方电热设备有限公司;QM005 型分体压面机 常州市墅乐厨具有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 工艺流程



#### 1.2.2 操作要点

1.2.2.1 第一次调粉 称取酵母用温水驯化,然后加入到糖粉与面粉(高筋粉)的混合粉中揉团,当面团能够拉开一层薄膜时结束面团揉制。

1.2.2.2 第一次发酵 调好的面团放入发酵箱中,温度控制在 26~30℃ 之间,湿度为 80%,发酵时间 2.5~3.0h。

1.2.2.3 第二次调粉 称取一定量的油脂(猪油:植物油=3:7)融化后加入到面粉(低筋粉)、超微绿茶粉和盐的混合粉中调制成团,将第一次发酵完成的面团和第二次调好的面团混合揉制,当第二次调团将要结束时加入小苏打,揉制均匀。

1.2.2.4 第二次发酵 将第二次调制好的面团放入发酵箱中继续发酵 2h,温度控制在 26~30℃ 之间,湿度为 80%。

1.2.2.5 包油酥 称取油脂,经融化后和面粉、盐制成油酥,包入到第二次发酵好的面团中。

1.2.2.6 辊轧 将包好油酥的面团先沿着一个方向擀平,然后折叠旋转 90 度继续擀平,重复 5~7 次。

1.2.2.7 成型 用压面机将包好油酥的面团制成厚度均匀的饼胚,用模具成型,放入烤盘。

1.2.2.8 烘烤 上火 190℃,下火 170℃,至成熟。

1.2.2.9 冷却 成品冷却至室温。

### 1.2.3 模糊综合评定方法

1.2.3.1 评定人员及方式的选择 由 10 名食品专业人员组成,男女各 5 名,身体健康,无不良嗜好,对色香味有较强的分辨能力。评定过程中采用独立评定,重复 3 次,取平均值。

1.2.3.2 因素集 U、评语集 V 及权重集 X 的确立<sup>[12-15]</sup> 决定茶苏打饼干质量有组织状态,口感,颜色,风味 4 个指标组成,即  $U = (\text{组织状态, 口感, 颜色, 风味})$ 。对于每个指标有优,良,中,差 4 个评定等级,即  $V = (\text{优, 良, 中, 差})$ ,采用百分制打分,由表 1 知 84 分以上为优,66~84 分为良,48~66 分为中,48 分以下为差。采用强制决定法<sup>[16]</sup>确定各因素的权重分别为组织状态(0.15)、口感(0.25)、颜色(0.20)、风味(0.40)即  $X = (0.15, 0.25, 0.20, 0.40)$ 。

1.2.3.3 模糊综合评判数学模型的选取及模糊矩阵的确立 设食品感官因素综合评判的结果向量为 Y,它是感官因素,由向量 X 和评价矩阵 R 合成,即  $Y = X \cdot R$

$$Y = (y_1, y_2, y_3, y_4) = (x_1, x_2, x_3, x_4) \cdot$$

$$\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} \end{bmatrix}$$

其中  $Y_i = (x_1 \wedge r_{1i}) \vee (x_2 \wedge r_{2i}) \vee (x_3 \wedge r_{3i}) \vee (x_4 \wedge r_{4i})$ 。

这里“ $\wedge$ ”代表两者相比较后取较小值,“ $\vee$ ”表示两者相比较后取较大值<sup>[17]</sup>。将计算结果除以评定人员总数 10 人,得到 4 组数据关系记为 D1、D2、D3、D4。

1.2.4 单因素实验 评定的对象为四个不同的第一次发酵时间(1.5、2.5、3.5、4.5h)、超微绿茶粉添加量(1.2%、1.5%、1.8%、2.1%)、盐添加量(1.5%、2%、2.5%、3%)及油脂添加量(10%、15%、20%、25%)通过 10 名专业食品人员对各因素不同水平评分,判定其等量级,然后做排序比较。

1.2.5 响应面实验 在模糊评定单因素实验基础上,确定各个单因素的取值范围,以发酵时间、盐添加量、超微绿茶粉添加量、油脂添加量为自变因素,以感官评分作为响应值,采用 Box-Behnken 中心组合设计响应面实验如表 2。

表 2 响应面实验因素水平编码表  
(以面粉含量 100% 计算)

Table 2 Factors and levels of response surface experience  
(calculated by weight of wheat flour)

因素	水平		
	-1	0	1
A 发酵时间(h)	1.5	2	2.5
B 盐添加量(%)	1.5	2	2.5
C 茶粉添加量(%)	1.5	1.8	2.1
D 油脂添加量(%)	10	15	20

表1 茶苏打饼干感官评定表

Table 1 Tea soda crackers sensory evaluation table

项目	优	良	中	差
组织状态 (15分)	断层结构层次分明,成多孔状,内部结构均匀,片型整齐(12~15分)	断层结构层次分明,呈多孔状,孔径大小不一,内部结构稍不均匀,无杂质污点(8~12分)	断层结构层次不明显,内部结构不均匀,有杂质(4~8分)	质地僵硬,看不到断层结构(<4分)
口感 (25分)	咸味适中,酥松爽口,不粘牙,口中留有淡淡茶香(20~25分)	咸味适中,质地稍有松软,茶香极小,不粘牙(15~20分)	咸味不适,质地松软或较硬,无茶香,稍有粘牙(10~15分)	口感较差,食之粘牙,有哈喇味(<10分)
色泽 (20分)	茶绿色适中,颜色均匀,无白粉粒,无过焦现象(17~20分)	绿茶色适中,颜色基本均匀,边缘及泡点稍有焦,无白粉粒(13~17分)	茶绿色过轻或过重,颜色不均匀,有异色和稍有过焦现象(9~13分)	茶绿色不均匀,有焦糊及严重的过焦现象(<9分)
风味 (40分)	香味浓郁,有明显的发酵香味及茶香气,无任何异味(35~40分)	香味略淡,有发酵香气及茶香味,无异味(30~35分)	香味不明显,几乎无发酵的香味和茶香味,稍有异味。(25~30分)	几乎无任何香味,有严重的异味(<25分)

表3 第一次发酵时间的感官评定结果

Table 3 The first fermentation time of sensory evaluation results

因素	优				良				中				差			
	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
组织状态	2	4	3	1	2	4	1	3	5	2	2	3	1	0	4	3
口感	1	4	2	3	2	4	2	1	2	1	2	1	5	1	4	5
色泽	4	3	2	3	1	5	3	2	2	2	3	4	3	0	2	1
风味	1	5	2	2	2	2	4	1	4	2	2	3	3	1	2	4

注:表中数据单位为“人”。

1.2.6 数据统计分析 利用 Design-Expert 软件对回归方程进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 模糊评定对单因素结果分析

2.1.1 第一次发酵时间的判定结果 对四个不同水平的第一次发酵时间进行评定,其中 D1 为 1.5h, D2 为 2.5h, D3 为 3.5h, D4 为 4.5h, 评定结果如表 3 所示。

$$D1 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.2 & 0.5 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.2 & 0.5 \\ 0.4 & 0.1 & 0.2 & 0.3 \\ 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.3 \end{bmatrix}$$

$$D2 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0.1 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}$$

$$D3 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.1 & 0.2 & 0.4 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.4 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 \end{bmatrix}$$

$$D4 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.3 & 0.3 & 0.3 \\ 0.3 & 0.1 & 0.1 & 0.5 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.1 \\ 0.2 & 0.1 & 0.3 & 0.4 \end{bmatrix}$$

模糊变换及归一化处理

$$Y_1 = X \cdot D1 = (0.15, 0.25, 0.2, 0.4)$$

$$\cdot \begin{bmatrix} 0.2 & 0.2 & 0.5 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.2 & 0.5 \\ 0.4 & 0.1 & 0.2 & 0.3 \\ 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.3 \end{bmatrix} = (y_1, y_2, y_3, y_4)$$

其中  $y_1 = (0.15 \wedge 0.2) \vee (0.25 \wedge 0.1) \vee (0.2 \wedge 0.4) \vee (0.4 \wedge 0.1) = 0.2$ 。

同理,  $y_2 = 0.2, y_3 = 0.4, y_4 = 0.3$ , 则  $Y_1 = (0.2, 0.2, 0.4, 0.3)$

归一化处理后的  $Y_1 = (0.18, 0.18, 0.36, 0.27)$

依次有  $Y_2 = (0.42, 0.26, 0.21, 0.11)$

$Y_3 = (0.19, 0.38, 0.19, 0.24)$

$Y_4 = (0.22, 0.17, 0.26, 0.35)$

根据最大隶属度原则<sup>[17]</sup>, 第一次发酵时间为 1.5h 的评定结果为 0.36, 出现在“中”附近, 第一次发酵时间为 2.5h 的评定结果为 0.42, 出现在“优”附近, 第一次发酵时间为 3.5h 的评定结果为 0.38, 出现在“良”附近, 第一次发酵时间为 4.5h 的评定结果为 0.35, 出现在“差”附近, 质量等级依次为“中”、“优”、“良”、“差”, 因此, 第一次发酵时间为 2.5h 感官评定结果较好。

2.1.2 盐添加量结果分析 同上最大隶属度原则, 盐的添加量为 1.5% 时, 评定结果为 0.38, 出现在“中”附近, 盐的添加量为 2% 时, 评定结果为 0.35, 出现在“优”附近, 盐的添加量为 2.5% 时, 评定结果为 0.35, 出现在“良”附近, 盐的添加量为 3% 时, 评定结

表5 回归分析结果

Table 5 Analysis results of regression and variance

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
模型	882.19	14	63.01	97.48	<0.0001	**
A-发酵时间	12.00	1	12.00	18.56	0.0007	**
B-盐添加量	1.33	1	1.33	2.06	0.1729	
C-茶粉添加量	36.75	1	36.75	56.85	<0.0001	**
D-油脂添加量	18.75	1	18.75	29.01	<0.0001	**
AB	0.25	1	0.25	0.39	0.5440	
AC	6.25	1	6.25	9.67	0.0077	**
AD	0.00	1	0.00	0.00	1.000	
BC	1.00	1	1.00	1.55	0.2340	
BD	12.25	1	12.25	18.95	0.0007	**
CD	4.00	1	4.00	6.19	0.0261	*
A <sup>2</sup>	31.16	1	31.16	48.20	<0.0001	**
B <sup>2</sup>	88.40	1	88.40	136.75	<0.0001	**
C <sup>2</sup>	593.65	1	593.65	918.35	<0.0001	**
D <sup>2</sup>	323.92	1	323.92	501.09	<0.0001	**
残差	9.05	14	0.65			
失拟项	6.25	10	0.63	0.89	0.5999	
总和	891.24	28				
	$R^2 = 0.9896$			$R^2_{Adj} = 0.9797$		

注:p < 0.05 为影响显著;p < 0.01 为影响极显著。

果为 0.40, 出现在“差”附近, 质量等级依次为“中”、“优”、“良”、“差”, 因此, 盐的添加量为 2% 时感官评定结果较好。

2.1.3 超微绿茶粉添加量结果分析 同上最大隶属度原则, 超微绿茶粉添加量为 1.2% 时, 评定结果为 0.36, 出现在“良”附近, 超微绿茶粉添加量为 1.5% 时, 评定结果为 0.36, 出现在“优”附近, 超微绿茶粉添加量为 1.8% 时, 评定结果为 0.35, 出现在“中”附近, 超微绿茶粉添加量为 2.1% 时, 评定结果为 0.36, 出现在“差”附近, 质量等级依次为“良”、“优”、“中”、“差”, 因此, 超微绿茶粉添加量为 2% 时感官评定结果较好。

2.1.4 油脂添加量结果分析 同上最大隶属度原则, 油脂添加量为 10% 时, 评定结果为 0.36, 出现在“良”附近, 油脂添加量为 15% 时, 评定结果为 0.40, 出现在“优”附近, 油脂添加量为 20% 时, 评定结果为 0.35, 出现在“中”附近, 油脂添加量为 25% 时, 评定结果为 0.36, 出现在“差”附近, 质量等级依次为“良”、“优”、“中”、“差”, 因此, 油脂添加量为 15% 时感官评定结果较好。

## 2.2 响应面结果分析

2.2.1 回归模型的建立与分析 表 4 为 Box- Behnken 实验设计及结果。利用 Design-Expert 软件对表 4 结果进行二次多项回归拟合, 得到感官评分(Y)与第一次发酵时间(A)、盐添加量(B)、超微绿茶粉添加量(C)、油脂添加量(D)的多元回归方程为:

$$Y = -439.631 + 20.458A + 64.15B + 390.583C + 11.33D - 0.5AB - 4.167AC + 3.33BC - 0.7BD - 0.667CD - 2.19A^2 - 14.767B^2 - 106.296C^2 - 0.283D^2$$

表4 Box- Behnken 实验设计及结果

Table 4 Box- Behnken experimental design results

实验号	A	B	C	D	评分值(分)
1	0	1	0	-1	73
2	1	0	0	1	77
3	0	0	1	1	65
4	0	-1	0	-1	70
5	0	0	1	-1	66
6	-1	0	-1	0	72
7	0	0	0	0	83
8	0	-1	1	0	68
9	1	1	0	0	78
10	-1	0	0	1	75
11	0	0	0	0	83
12	0	1	0	1	73
13	1	-1	0	0	80
14	1	0	0	-1	74
15	1	0	1	0	70
16	0	0	-1	1	70
17	0	-1	0	1	77
18	0	0	0	0	84
19	-1	0	0	-1	72
20	-1	1	0	0	76
21	0	1	-1	0	72
22	0	-1	-1	0	73
23	-1	-1	0	0	77
24	0	1	1	0	69
25	0	0	0	0	85
26	-1	0	1	0	71
27	0	0	-1	-1	67
28	1	0	-1	0	76
29	0	0	0	0	84

利用 Design-expert 软件分析<sup>[18-21]</sup> 回归方差结果及显著性差异, 得出  $R^2 = 0.9896$ ,  $R^2_{Adj} = 0.9797$ , 说明该模型能够较好的反映响应值的变化, 方程的失拟项不显著, 表明该方程对实验的拟合较好, 可以用于对茶苏打饼干参数的预测。

表 5 分析结果显示, 一次项 A, C, D, 交互项 AC, BD, 二次项 A, B, C, D, 对感官值影响极显著 ( $p < 0.01$ ), 交互项 CD 对感官值影响显著 ( $p < 0.05$ ) 而一次项 B, 交互项 AB, AD, BC 对感官值影响不显著。

2.2.2 因素间的交互作用 利用 Design-Expert 软件分析所得回归方程响应面等高曲线如下图所示, 曲面平缓表示该因素对感官值影响不显著, 曲面陡峭则影响显著<sup>[22-24]</sup>; 等高线的形状能反映出两因素交互作用强弱, 形状为椭圆形表示交互作用强, 影响显著, 等高线形状为圆形, 则与之相反。

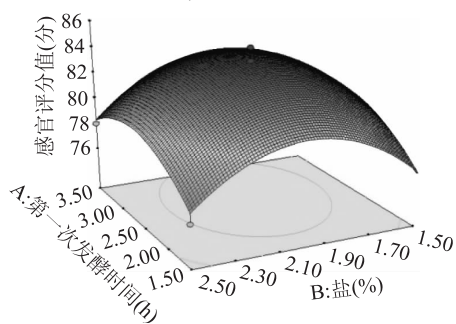


图 1 盐和发酵时间的响应曲面图  
Fig.1 Response surface graph of salt and fermentation time

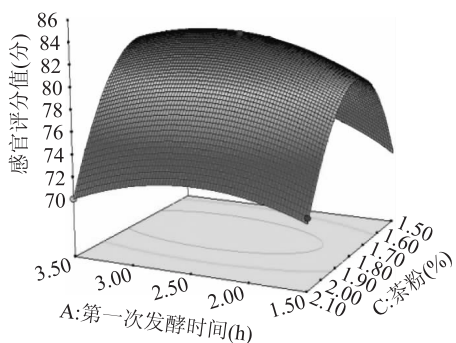


图 2 茶粉和发酵时间的响应曲面图  
Fig.2 Response surface graph of tea powder and fermentation time

由表 5 和回归方程响应面等高线图 1~图 3 可以看出超微绿茶粉、油脂、发酵时间对茶苏打饼干感官值影响显著, 由图 4 可以看出盐的添加量对茶苏打饼干感官值影响不显著。由图 2, 图 3, 图 5, 图 6 可以看出超微绿茶粉和发酵时间、油脂和发酵时间、油脂和盐、油脂和超微绿茶粉的等高线为椭圆形, 表明交互作用较强, 由图 1, 图 4 可以看出盐和发酵时间、超微绿茶粉和盐的等高线为圆形, 表明交互作用弱。

### 2.3 验证性实验

通过响应面和模糊综合评定得出的最佳条件为, 第一次发酵时间 165min, 盐添加量 1.76%, 超微绿茶粉添加量 1.96%, 油脂添加量 15.54%, 理论最高

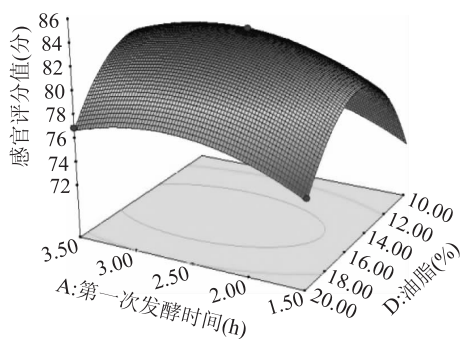


图 3 油脂和发酵时间的响应曲面图  
Fig.3 Response surface graph of oils and fats and fermentation time

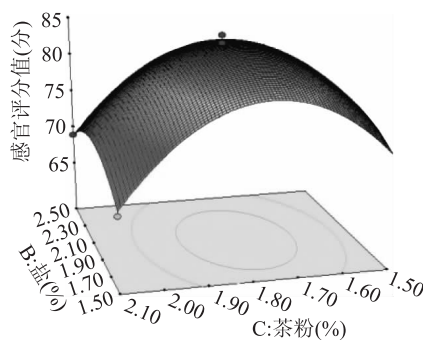


图 4 茶粉和盐的响应曲面图  
Fig.4 Response surface graph of tea powder and salt

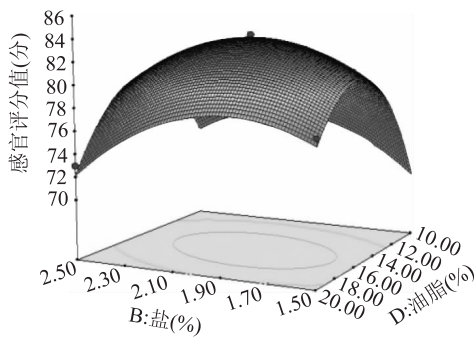


图 5 油脂和盐的响应曲面图  
Fig.5 Response surface graph of oils and fats and salt

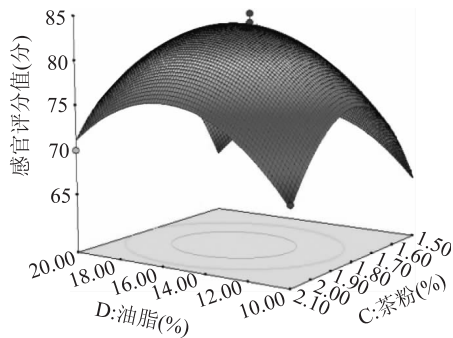


图 6 油脂和茶粉的响应曲面图  
Fig.6 Response surface graph of oils and fats and tea powder

评分值为 84.17。考虑实际操作的便利, 确定最佳条件为第一次发酵时间 165min, 盐添加量 1.8%, 超微绿茶粉添加量 2%, 油脂添加量 15%, 进行三次平行

实验得到产品评分值为81。说明该方程与实际情况拟合较好,证明该方程具有可靠性。

### 3 结论

在模糊综合评定单因素基础上,利用 Design-Expert 软件进行响应面分析,得到茶苏打饼干感官评分的回归方程。方差分析结果显示,该模型显著,失拟项不显著,模型  $R^2 = 0.9896$ ,表明该模型对实验的拟合较好。优化参数为:盐 1.8%,超微绿茶粉 2%,油脂 15%,第一次发酵时间为 165min,得到的产品评分值为 81,与理论上的产品评分值 84.17 基本吻合,充分证明了该模型的可靠性。

### 参考文献

- [1] 张建海,冯彬彬.茶叶主要药效成分的药理作用及应用[J].宁夏农林科技,2012,53(1):84-85.
- [2] 邹盛勤.茶叶的药用成分、药理作用及应用研究进展[J].中国茶叶加工,2004,3(9):35-37.
- [3] 曹盛,胡峰,徐兆琴,等.绿茶蛋糕的生产工艺及其抗氧化性研究[J].食品工业科技,2012,33(11):286-288.
- [4] 赵红玉.基于酸性体质浅谈中医药治病原理[J].江西中医学院学报,2008,20(4):89-90.
- [5] 王向龙.苏打水没有神奇[J].消费指南,2013(7):18-19.
- [6] 王晓娇.碱性负离子水对酸性体质的影响[D].大连:辽宁师范大学.
- [7] 陆宁,谢安顺,张奇.茶叶蛋糕制作工艺[J].食品工业,2003(2):38-40.
- [8] 胡峰.茶桃酥的生产工艺以及品质研究[J].农产品加工·学刊,2012(2):72-74.
- [9] 董海洲,刘传富,侯汉学.绿茶月饼加工工艺参数及其理化特性[J].食品与发酵工业,2003,29(8):88-92.
- [10] 陈美传.茶叶面包的研制[J].食品研究与开发,1999(2):43-44.

(上接第 245 页)

- [1] 农业大学,2008.
- [2] Beukema H P. Introduction to potato production [J]. Plantarum,1990(5):139-154.
- [3] Wang H F, Tsai Y S, Lin M L, et al. Comparison of bioactive components in GABA tea and green tea produced in Taiwan [J]. Food Chemistry,2006,96:648-653.
- [4] Okada T, Sugishita T, Murakami T, et al. Effect of the defatted rice germ enriched with GABA for sleeplessness, depression, autonomic disorder by oral administration [J]. Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi,2000,47:596-603.
- [5] Kinnersley A M, Turano F J. Gamma aminobutyric acid (GABA) and plant response to stress [J]. Critical Reviews in Plant Sciences,2000,19:479-509.
- [6] 林智,林钟鸣,尹军峰,等.厌氧处理对茶叶中  $\gamma$ -氨基丁酸含量及其品质的影响[J].食品科学,2004,25(2):35-39.
- [7] 闻秀梅,纪雅慧,杨庭,等.麦胚富集  $\gamma$ -氨基丁酸的培养条件优化[J].食品工业科技,2012,33(11):201-204.
- [8] 杨胜远,陆兆新,吕凤霞,等.谷氨酸脱羧酶活力测定中 GABA 比色定量方法研究[J].食品科学,2006,27(7):205-209.

- [9] BOX. G. Some new three lever designs for the study of quantitative variables [J]. Technometrics,1996(2):455-476.
- [10] 王振斌.模糊综合评判在食品感官评定中的应用[J].莱阳农学院学报,2002,19(1):41-43.
- [11] 李伟锋,何玲,冯金霞,等.不同生姜提取液处理鲜切苹果感官评定的研究[J].食品工业科技,2012,33(17):73-76.
- [12] 疾风.在食品感官质量的模糊综合评价中如何正确制定权重分配方案[J].食品科学,1990(1):15-16.
- [13] 晋圣坤,李勇.模糊综合评判法在食品感官分析中的应用[J].肉类研究,2011,143(1):72-75.
- [14] 王静,董肖丽.模糊评价中最大隶属度原则的改进[J].河北水利,2011(2):27-28.
- [15] 梁艳梅,瞿宏琛,常胜江,等.基于最大隶属度原则的彩色图象分割方法[J].物理学报,2003,52(11):2655-2659.
- [16] 张钟,刘正,李凤霞.用响应面法优化黑糯玉米发酵乳饮料发酵工艺参数[J].中国粮油学报,2008,23(1):161-165.
- [17] Tamires C S, Devson P P G, Renata C F B, et al. Optimization of solid state fermentation of potato peel for the production of cellulolytic enzymes [J]. Food Chemistry,2012(133):1299-1304.
- [18] Fan J P, Cao J, Zhang XH, et al. Optimization of ionic liquid based ultrasonic assisted extraction of puerarin from Radix Puerariae Lobatae by response surface methodology [J]. Food Chemistry,2012,135(4):2299-2306.
- [19] 杨文雄,高彦祥.响应面法及其在食品工业中的应用[J].中国食品添加剂,2005(2):68-71.
- [20] 胡炜东,邹寅.响应面分析优化酶法提取南瓜籽油的工艺研究[J].食品工业科技,2013,34(3):277-280.
- [21] 张艳荣,丰艳,孙丽琴,等.响应面法优化米糠挤出工艺及其物性研究[J].食品科学,2010,31(20):146-151.
- [22] 霍丹群,王洪彬,宋兴兴,等.响应面法优化猕猴桃原酒发酵工艺[J].食品工业科技,2013,34(9):219-223.

- [10] Bai Q Y, Fan G J, Gu Z X, et al. Effects of culture conditions on  $\gamma$ -aminobutyric acid accumulation during germination of foxtail millet (*Setaria italica* L.) [J]. European Food Research and Technology,2008,228:169-175.
- [11] Scott - Taggart C P, Cauwenberghe O R V, Mclean MD. Regulation of  $\gamma$ -aminobutyric acid synthesis in situ by glutamate availability [J]. Plant Physiology,1999,106:363-369.
- [12] 张磊,白青云,曹晓虹,等.米糠富集  $\gamma$ -氨基丁酸的培养液组分优化[J].食品与发酵工业,2008,34(7):77-81.
- [13] Baum G, Chen Y, Arazi T. A plant glutamate decarboxylase containing a calmodulin binding domain: cloning, sequence, and functional analysis [J]. Journal of Biology and Chemistry,1993,268:19610-19617.
- [14] Zhang H, Yao H, Chen F, et al. Purification and characterization of glutamate decarboxylase from rice germ [J]. Food Chemistry,2007,101:1670-1676.
- [15] 张晖.米胚谷氨酸脱羧酶性质及其富集  $\gamma$ -氨基丁酸研究[D].无锡:江南大学,2004.
- [16] 申迎宾.萌芽豇豆富集  $\gamma$ -氨基丁酸的特性、工艺及其合成酶学性质研究[D].南京:南京农业大学,2009.